



**UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**  
**TESIS**  
**PROTOCOLO PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST DE**  
**RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO DE LA CIUDAD**  
**DE LAMBAYEQUE EN EL AÑO 2018**

PRESENTADA PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA

Avellaneda Enriquez Fred Xenia Estefania

ASESOR

M. Sc. García Paico Marcos Guillermo

**Línea de investigación**

**Contaminación ambiental y Biotecnología**

**Chiclayo – Perú**

**2019**

## **FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS**

---

M. Sc. García Paico Marcos Guillermo  
ASESOR

---

Dr. Idrogo Idrogo Antonio  
PRESIDENTE

---

M. Sc. Nauca Torres Enrique Santos  
SECRETARIO

---

M. Sc. García Paico Marcos Guillermo  
VOCAL

## DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos quienes han sido mi guía y ejemplo, por su valioso apoyo, comprensión y sacrificio para lograr esta meta.

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la capacidad de realizar este trabajo, a mis distinguidos maestros que con nobleza me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día, a mi querida universidad, porque en sus aulas recibí las más gratas enseñanzas que nunca olvidaré, a mis padres porque ellos estaban en los días más difíciles de mi vida como estudiante.

Estoy segura que mi meta planteada dará fruto en el futuro y por ende me esforzaré cada día para ser mejor en mi trabajo y en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

LA AUTORA

## RESUMEN

El problema de los residuos orgánicos en el Perú es alto, por lo que se opta para su tratamiento de estos residuos una de las técnicas más usadas para el aprovechamiento, especialmente de los residuos sólidos orgánicos municipales que es el compostaje, el cual se define como descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos; la presente investigación se basó en la eficiencia de los microorganismos para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018, con el objetivo de generar un protocolo para la medición de la eficiencia del uso de microorganismos en la producción de compost de residuos orgánicos, con la aplicación de microorganismos eficientes, para ellos se trabajó en dos pilas composteras al aire libre, una control con tratamiento tradicional y la otra con una dosificación de 500 ml de EM. En esta investigación en cuanto al Análisis se definió las Técnicas de Laboratorio y Estadísticas, que se emplearon para descifrar lo que revelan los datos recolectados. La secuencia que se llevara a cabo es recolección de datos – procesamiento de la información- presentación y publicación de los resultados. Existió diferencia en la calidad nutricional (N, P, K) con la aplicación de microorganismos y una reducción de 250Kg en la muestra con EM COMPOST al pesaje final.

**Palabras clave:** Residuos sólidos orgánicos, microorganismos eficientes, compostaje, compost

## **ABSTRACT**

The problem of organic waste in Peru is high, so it is decided to treat this waste one of the most used techniques for the use, especially of the municipal solid organic waste that is composting, which is defined as decomposition of organic waste by microbial action, changing the molecular structure of the same; the present investigation was based on the efficiency of the microorganisms for the production of compost of organic solid residues of the market of the city of Lambayeque in the year 2018, with the aim of generating a protocol for the measurement of the efficiency of the use of microorganisms in the production of compost of organic waste, with the application of efficient microorganisms, for them we worked in two outdoor compost, one control with traditional treatment and the other with a dosage of 500 ml of EM. In this investigation regarding the Analysis, the Laboratory Techniques and Statistics were defined, which were used to decipher what the collected data reveal. The sequence that will be carried out is data collection - information processing - presentation and publication of the results. There was a difference in nutritional quality (N, P, K) with the application of microorganisms and a reduction of 250 kg in the sample with EM COMPOST at the final weighing.

**Keywords:** Organic solid waste, efficient microorganisms, composting, compost

# ÍNDICE

RESUMEN .....	V
ABSTRACT.....	VI
Índice de Tablas .....	IX
Índice de Figuras.....	IX
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	2
2.1. Antecedentes bibliográficos: .....	2
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	2
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	3
2.1.3. Antecedentes locales .....	5
2.2. Bases teórico-científicas.....	5
2.2.1. Residuos sólidos.....	5
2.2.2. Residuos sólidos municipales. ....	6
2.2.3. El Compostaje.....	6
2.2.4. Características del Compost.....	6
2.2.5. Componentes iniciales .....	7
2.2.6. Fases del compostaje.....	7
2.2.7. Tecnología de los microorganismos efectivos (EM). ....	10
2.2.8. Principales microorganismos contenidos en el (EM). ....	10
2.3. Definición de términos básicos. ....	13
a. Según la Real Academia Española.....	13
b. Según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.L 1278 .....	13
c. Según CORPOICA (2007) .....	14
d. Según EEAITAJ (2013). ....	14
2.4. Hipótesis:.....	14
III. Materiales y métodos.....	15
3.1. Variables y Operacionalización .....	15
3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación. ....	18
3.2.1. Tipo de estudio.....	18
3.2.2. Diseño de investigación .....	18
3.3. Población, muestra de estudio y muestreo. ....	18

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	19
3. 5 Procesamiento de datos y análisis estadístico: .....	21
IV. Resultados.....	23
4.1. Elaboración de compost con los residuos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque y aplicación de los microorganismos eficientes .....	23
4.1.1. Elaboración de compost.....	23
4.1.2. Aplicación de los microorganismos eficientes. ....	23
4.2. La evaluación de las muestras y determinación de eficiencia de compost con EM COMPOST y sin EM COMPOST .....	24
4.2.1. Medición de parámetros.....	24
4.2.2. Determinación de la eficiencia de los EM. ....	26
4.2.3. Compost final.....	28
4.3. Protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque. ....	29
V. Discusión .....	36
VI. Conclusiones.....	38
VII. Recomendaciones .....	39
VII. Referencias bibliográficas .....	40
ANEXOS .....	43



## **Índice de Tablas**

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	16
Tabla 2 Resultado de Macronutrientes de compost con ME- M-Compost.....	27
Tabla 3 Costos para la elaboración de compost con EM .....	32
Tabla 4 Costos para la elaboración de compost sin EM .....	33

## **Índice de Figuras**

Figura 1 Ubicación del área de las pilas composteras .....	19
Figura 2 Activación y aplicación de los Microorganismos Eficientes .....	24
Figura 3 Registro de temperatura en muestra control y Compost con EM.....	24
Figura 4 Registro de la humedad en muestra control y Compost con EM .....	25
Figura 5 Registro de pH en muestra control y Compost con EM .....	26
Figura 6 Comparación de las dos muestras en cuanto a N, P, K .....	27
Figura 7 Volumen inicial y final de compost.....	28
Figura 8 Evaluación de costos .....	33

## **I. Introducción**

El creciente aumento de la población y su consecuente producción de residuos sólidos, en especial residuos orgánicos en la mayoría de las ciudades del mundo, constituye el motivo para la generación y aplicación de procesos de gestión y actividades de transformación de los mismos, a fin de minimizar su volumen, aplicar un tratamiento adecuado conforme a lo establecido por la normatividad vigente y obtener un producto útil posteriormente. El compostaje se incluye como uno de los sistemas de tratamiento de residuos sólidos urbanos, industriales, agrícolas y ganaderos que permiten dar valor a los residuos de fácil biodegradabilidad, como son los restos vegetales o de animales (fecales de ganados vacuno, porcinos, etc.), considerándolo un método biológico que permite la descomposición controlada de los residuos orgánicos, eliminando en el proceso los microorganismos patógenos presentes. El compostaje es un método eficiente en la eliminación de estos residuos, ya que permite además el aprovechamiento del producto final (Boulter, 2000).

En la ciudad de Lambayeque, la problemática de los residuos orgánicos no es diferente a la mayoría de ciudades; siendo el foco principal de generación de éstos, los ambientes del Mercado Modelo, sobre los cuales, si bien es cierto existe tratamiento, sin embargo surge la necesidad de establecer un protocolo de trabajo; lo cual nos ha llevado a enunciar el problema de la siguiente manera: ¿Qué característica debe tener un protocolo a emplear para una mejor eficiencia del uso de microorganismos para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018?. Asimismo, se ha planteado como objetivo general: Definir las características de un Protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018, para lo cual se establecieron como objetivos específicos la elaboración de compost con los residuos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque y aplicación de los microorganismos eficientes, la evaluación de las muestras de compostaje con EM y sin EM y la determinación de la eficiencia de los EM, y la elaboración del protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque. la cual se traduce en la mejora de varios parámetros (Soriano, 2016); además de la reducción de la contaminación del microambiente y la mejora de la calidad del compost.

En la actualidad se ha implementado la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) como lo establece el DL 1278 Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y su Reglamento D.S N° 014-2017-MINAM, de la cual hace parte una integralidad de procesos que van desde:

separación en la fuente (orgánico, reciclaje e inservible), hasta la transformación de los que permiten éste proceso o a la disposición final de los que no se pueden reciclar.

Con el aprovechamiento de los mismos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas; se reincorporarán los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se frenará el uso de agroquímicos. Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental.

## **II. Marco teórico**

### **2.1. Antecedentes bibliográficos:**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

A nivel internacional, se han desarrollado numerosos trabajos que evalúan la producción de compost, entre los cuales mencionamos a: Puerta (2004) concluyó que la evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del proceso de compostaje permitirá comparar el compost elaborado a partir de residuos sólidos municipales con los parámetros de la normatividad colombiana y así tener la certeza de poder aplicarlo como abono, contribuyendo a disminuir la vida útil del relleno sanitario de los municipios en un 50% aproximadamente. También la utilización de estos residuos como acondicionadores de suelos, evita la mala disposición de los mismos, disminuyendo la contaminación del agua, suelo y aire, ahorrando recursos naturales. (p.56).

Cardona, Sánchez, Ramírez y Alzate (2004) recolectaron datos, en Bogotá-Colombia, a nivel de laboratorio y de banco en relación al diseño de una estrategia integral de aprovechamiento y tratamiento de residuos orgánicos de origen vegetal por medios biotecnológicos y, por tanto, ecológicamente limpios, demostrando la posibilidad de implementar un esquema de biodegradación del cual, además del tratamiento y estabilización de una amplia gama de desechos, se pueden obtener valiosos insumos para otros sectores industriales como los azúcares y el etanol. Adicionalmente, el compost obtenido puede desempeñar un papel importante en el sector agrícola en calidad de un abono de bajo costo, y el biogás producido puede contribuir a disminuir los costos energéticos del proceso integral de biodegradación. (p.78).

Acosta y Peralta (2015), en un estudio de elaboración de abonos a partir de residuos orgánicos en Cundinamarca-Colombia, encontraron que la variable que

más influye sobre la concentración de UFC/G de hongos y bacterias es la temperatura ya que si no se está dentro de los rangos óptimos (35 °C a 60 °C), detiene o inhibe el desarrollo de los microorganismos afectando en forma directa como en la mezcla la descomposición de los residuos. Al finalizar el proceso de compostaje identificaron géneros de microorganismos los cuales tienen una gran importancia en la actividad biológica del suelo y están relacionados con la nutrición vegetal, estos fueron bacterias como *Bacillus*, y *Arthrobacter*, hongos como *Penicillium* y *Aspergillus*, y actinobacterias como *Micrococcus* y *Streptomyces* (p.106).

Naranjo (2013), en su tesis de Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, desarrollada en Ambato-Ecuador, concluyó que con el aporte de microorganismos benéficos, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, se alcanzaron los mejores resultados, al reducirse el tiempo a la cosecha y obtener compost de mejor calidad, obteniéndose en los tratamientos de éste producto: menor tiempo a la obtención del compost (90,67 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,44/g de compost), con mejor contenido nutricional, al reportar mayor contenido de fósforo (339,66 ppm) y buen contenido de nitrógeno, potasio y materia orgánica, por lo que es el producto apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, obteniéndose el compost en menor tiempo, con mejor contenido nutricional. (p.54).

Caiza, et. al. (2018), elaboran un plan de producción más limpia (PML) en la planta de procesamiento de compost, ubicada en el relleno sanitario del cantón Baños de Agua Santa, perteneciente a la provincia de Tungurahua-Ecuador; en donde se concluye que La elaboración de compost con desechos de camal y bagazo de caña es una solución técnica y socioeconómicamente optada por el gobierno Autónomo descentralizada del cantón Baños de Agua Santa, con el objetivo de apoyar a las comunidades rurales del cantón. El proceso de compost dura aproximadamente cuatro meses, de los cuales dos meses recolectan los desechos de camal y dos meses se descompone la materia orgánica (p. 23).

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

A nivel nacional, trabajando con microorganismos eficaces, Najar (2014), en Carhuaz-Ancash, comprobó que la producción de compost con Microorganismos

Eficientes (CEM) es más eficiente que la producción de compost convencional Sin Microorganismos Eficientes (SEM), tanto en los factores de tiempo, olor, calidad nutricional, patógenos, presencia de moscas, rendimiento promedio por ruma, costo de producción por ruma, margen de utilidad por ruma, rendimiento promedio anual, costo de producción anual, margen de utilidad anual y margen de utilidad. (p.251).

Ramos, R. (2015), realiza una evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa, Satipo-Junín, teniendo como resultado principal que la combinación de gallinaza y estiércol de ovino con microorganismos eficientes presentan menor tiempo de descomposición y mejor calidad nutricional del compost en la Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa; asimismo, al aplicar microorganismos eficientes, el pH del compost se disminuye de 7,59 a 7,27.

Rafael (2015), en su tesis: Proceso de Aplicación y Producción del Producto Microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, desarrollados en Sapallanga-Huancayo, obtiene resultados que permiten afirmar que la aplicación de microorganismos eficaces influye en la calidad del compost, aumentándola con un proceso mecanizado y una dosificación máxima (10 % de EM); asimismo, las características referentes al pH muestran tendencia a la neutralidad conforme se aumenta el nivel de dosificación del producto (p.109-110).

Otra tesis desarrollada en Huancayo por Soriano (2016), en la evaluación del tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces en Concepción-Huancayo, teniendo como resultado que para el proceso de compostaje, se estableció como factores determinantes una relación C/N de 33/1, humedad de 30-40%, 1 volteo semanal, tamaño de partícula de los materiales de 3 a 6 cm, obteniendo en 43 días un compost maduro; la temperatura, alcanzó niveles de 26 a 52°C, se encontró que todos los tratamientos presentaron una fase termófila normal (mayor a 40°C), donde el nivel de temperatura se incrementó al aumentar la dosificación de “EM”, asegurando una eficiente higienización del compost (p. 87).

Por su parte, Lescano (2015), en su tesis Efecto de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos urbanos en Huanchaco, Trujillo, concluyendo que adicionando un acelerador de degradación,

conjuntamente con un adecuado proceso de compostaje, se logra una marcada reducción en el tiempo de compostaje de residuos sólidos urbanos orgánicos (p.63).

### 2.1.3. Antecedentes locales

En el ámbito local, Cieza (2017), realiza una tesis de aplicación de bacterias ácido-lácticas para acelerar la descomposición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el centro de compostaje Yencala Boggiano del distrito de Lambayeque, teniendo como resultados que la aplicación de este tipo de microorganismos tuvo efecto reductor en el tiempo de descomposición, teniéndose un tiempo de cosecha de 80 días, con respecto al tratamiento testigo de las pilas sin tratamiento (109 días), reduciéndose significativamente en un 26 % el tiempo de descomposición (p. 69).

Asimismo, García (2018), evalúa la calidad y tiempo de obtención del compost, aplicando microorganismos eficientes en la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo, destacando que para el proceso de compostaje se evaluaron parámetros determinantes como la relación C/N de 30/1 de material orgánico, la humedad alcanzó un promedio de 58%(T1), 57%(T2) , 59%(T3) y t0(64%); el pH presentó valores de 7.31(SEM) y 7.65(CEM), la conductividad eléctrica aumentó notablemente llegando a un máximo de 11.66(T1),10.70(T2),10.15(T3) y 9.80(Testigo), esto es debido a la actividad metabólica de los microorganismos que utilizan el material orgánico transformándolos en minerales, la temperatura alcanzó incrementos de temperaturas en el T1 de 57 °c a 27°c, seguido de T2 con 55 °c, a 27°c, EL T3 con temperaturas de 55°c a 26°c y el T0 conservo una temperatura de 50 a 26°c. (p.69).

## 2.2. Bases teórico-científicas.

### 2.2.1. Residuos sólidos.

A nivel mundial el incremento en el consumo de productos procesados ha elevado la tasa de generación de desechos por habitante diaria, en el caso latinoamericano se indica que la tasa de generación en las últimas décadas se ha incrementado de 0,5 a 1 Kg/habitante-día, lo cual resulta inferior en un 25% a 50% a la tasa de generación de los países industrializados. Para 2005 la Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportó que la tasa media per cápita de residuos sólidos urbanos asciende a 0,91 Kg/habitante-día para América Latina y El Caribe. (Sáez y Urdaneta, 2014, p.121-135).

### 2.2.2. Residuos sólidos municipales.

Los resultados de la gestión integral de residuos sólidos en el año 2014 muestran que se generaron 7,5 millones de toneladas de residuos sólidos municipales, de los cuales menos del 50% fueron dispuestos adecuadamente en rellenos sanitarios. Esto demuestra que si bien se ha dado un avance en la gestión integral de residuos sólidos, los problemas de contaminación ambiental y de salud pública relacionados a estos, están todavía presentes en nuestro país. A nivel nacional la inversión en el sector residuos sólidos durante el periodo 2006 - 2014, fue de S/. 1 560 268 925,27 para la construcción de infraestructura y dotación de servicios de limpieza pública. Solo el 42,76% de los montos aprobados y registrados en el banco de proyectos de inversión pública fueron destinados a la construcción de infraestructuras (rellenos sanitarios, plantas de reaprovechamiento y estaciones de transferencia). (Ministerio del Ambiente, 2016, p.14)

### 2.2.3. El Compostaje.

El compostaje es la transformación de estiércol animal, residuos de alimentos, frutas y jardín por acción de los microorganismos descomponedores en abono orgánico. Los residuos orgánicos se deben recolectar por separado en el sitio de origen o en la fuente. Son muchos los beneficios del compostaje: Es un acondicionador y recuperador de suelos por su alto contenido orgánico, sirve como fuente de nutrición natural para las plantas, mantiene la humedad del suelo, permite el desarrollo de los microorganismos benéficos, que a su vez ayudan a prevenir las plagas y enfermedades de las raíces, mejora las propiedades físicas del suelo como textura, estructura y porosidad, es más económico, se puede producir fácilmente y aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.

El aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos en la agricultura como enmienda del suelo y su valor agrícola procede del contenido en materia orgánica y elementos fertilizantes.

### 2.2.4. Características del Compost.

Los parámetros físico-químicos del producto sólido obtenido por mezcla o combinación de abonos orgánicos de origen animal y/o vegetal o proveniente de residuos sólidos urbanos no separados en la fuente. Para ser usados como acondicionador del suelo contienen porcentajes mínimos de materia orgánica y

metales pesados. Si los productos presentan contenidos de metales pesados superiores a los máximos, pero no exceden los siguientes límites establecidos en mg/Kg: Arsénico (54,0), Cadmio (18,0), Cromo (1200), Mercurio (5,0), Níquel (180,0), y Plomo (300,0) deberá proponerse su uso únicamente para recuperación de zonas erosionadas, zonas de destinación forestal o zonas de recreación.

En relación con los análisis microbiológicos, el compost utilizado como fertilizante y acondicionador orgánico de origen no pedogenético, deberán demostrar que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos patógenos: *Salmonella* sp.: Ausentes en 25 gramos de producto final, Enterobacterias totales: Menos de 100 UFC/g de producto final. Para evaluar si el producto presenta contenidos de microorganismos benéficos, debe declararse el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, mohos y levaduras. También se puede determinar la presencia o ausencia de protozoos y nemátodos. (Puerta, 2004, p.56)

#### 2.2.5. Componentes iniciales

La microbiota inicial de los materiales a compostar es muy variable dependiendo del sustrato y de las condiciones en que éste es conservado. La mayoría de los sustratos utilizados para compostaje presentan una cierta población microbiana natural, aunque existe escasa información relativa a la composición de tal comunidad. En general se suele encontrar un amplio predominio de hongos cuando los materiales se conservan en condiciones secas. Sin embargo, aunque la población inicial de los sustratos puede determinar la evolución del proceso, no debe considerarse un factor limitante, ya que una vez que se adecuan los sustratos se producen recolonizaciones microbianas desde el entorno circundante a la pila de compostaje.

#### 2.2.6. Fases del compostaje.

##### **a. Fase mesófila inicial.**

La fase mesófila inicial es la parte más dinámica del compostaje en la que se incrementa rápidamente la temperatura (de 10 a 40 °C), el pH experimenta amplias variaciones y se degradan los compuestos orgánicos más simples. Inicialmente los sustratos están a temperatura ambiente y comienzan a actuar bacterias y hongos mesófilos y termotolerantes que



utilizan rápidamente sustancias carbonadas solubles y de fácil degradación (azúcares y aminoácidos), ocasionando una disminución del pH, como consecuencia de la producción de ácidos orgánicos. Las bacterias con metabolismo oxidativo y fermentativo son las que alcanzan mayores niveles en esta fase, principalmente bacterias Gram negativas y productoras de ácido láctico, que crecen rápido a expensas de compuestos fácilmente degradables. La actividad metabólica de los microorganismos en esta fase da lugar a un aumento rápido de la temperatura, lo que ocasiona la transición de microbiota mesófila a termófila cuando se alcanzan 42 a 45 °C, iniciándose la fase termófila.

#### **b. Fase termófila.**

En la fase termófila proliferan exclusivamente microorganismos termotolerantes y termófilos tales como actinomicetos (*Thermoaminomyces* sp.), diversos *Bacillus* spp. termófilos y bacterias gram negativas como *Thermus* e *Hydrogenobacter*. Los microorganismos no termotolerantes, incluyendo patógenos y parásitos, son inhibidos durante esta fase. Los hongos y las levaduras son reducidos notablemente desde el inicio de la fase termófila y son eliminados completamente a partir de los 60°C.

En las primeras etapas de esta fase, la microbiota mesófila es inhibida por la temperatura, mientras que las poblaciones de termófilos no se desarrollan de forma adecuada porque aún no se ha alcanzado su rango óptimo de temperatura. Por ello, existe una cierta ralentización en el aumento de la temperatura respecto al incremento de la fase anterior. Una vez que los microorganismos termófilos alcanzan un cierto número, el ritmo de incremento de temperatura se recupera. Con el aumento en la temperatura se observa un descenso en la biodiversidad. En el inicio de la fase termófila, cuando los nutrientes fácilmente asimilables han sido retirados, comienzan a predominar los actinomicetos, en particular estreptomicetos que, junto con algunos *Bacillus*, comienzan a metabolizar proteínas, incrementando la liberación de amoníaco con la consiguiente alcalinización. Como consecuencia de la degradación de dichos polímeros se liberan nuevas sustancias monoméricas simples que pueden ser utilizadas por otros microorganismos. La actividad microbiana, por tanto, continúa siendo

intensa y la temperatura sigue incrementándose hasta superar los 60°C. En esta fase, las tasas de degradación son relativamente elevadas comparadas con las de la etapa anterior. Las bacterias más abundantes hasta que se alcanzan 50-60°C son las esporuladas como *Bacillus* spp. y los actinomicetos termotolerantes y termófilos. A temperaturas superiores a 60°C, la degradación es realizada exclusivamente por bacterias termófilas. Las bacterias no esporuladas *Hydrogenobacter* spp. y *Thermus* spp. junto con algunas esporuladas pertenecientes al género *Bacillus* predominan a valores de temperatura de 70 a 82 °C (Blanc y col., 1999). Estas bacterias contribuyen a un nuevo incremento en biodiversidad cuando la temperatura aumenta hasta 66-70 °C, aunque la actividad microbiana decrece notablemente a dicha temperatura.

Por encima de los 60°C, el calor por sí mismo inhibe a los microorganismos, pero también actúa limitando el suministro de oxígeno (la solubilidad del oxígeno en agua es menor a mayor temperatura). Esto provoca una disminución de la actividad microbiana y, como consecuencia, una caída en la temperatura. Así, la tercera fase o fase de enfriamiento, se inicia cuando la temperatura es elevada y la fuente de carbono, directamente disponible, comienza a ser un factor limitante.

### **c. Etapa de enfriamiento y maduración.**

Las etapas de enfriamiento y maduración finales están caracterizadas por el crecimiento de una nueva comunidad mesófila diferente a la de la fase mesófila inicial. En esta comunidad predominan hongos y actinomicetos capaces de degradar compuestos complejos. Estos microorganismos recolonizan el material desde el entorno circundante, los bordes de la pila, o bien proceden de la germinación de esporas que resistieron la fase termófila. Aunque las bacterias mesófilas se encuentran en bajo número en estas fases, su diversidad es mayor que en las fases anteriores y presentan nuevas actividades importantes para la maduración del compost. Estas bacterias no sólo están implicadas en la oxidación de la materia orgánica, también participan en la oxidación de hidrógeno, amonio, nitrito y sulfuros, en la fijación de nitrógeno, reducción de sulfatos, producción de exopolisacáridos y producción de nitrito a partir de amonio bajo condiciones heterotróficas.

Conforme avanza la maduración la comunidad se hace más estable y compleja, y con una composición que se asemeja bastante a la de ambientes oligotráficos como los suelos, apareciendo microorganismos típicos en este hábitat como *Arthrobacter*. A la actividad de hongos y bacterias durante la maduración se suma la de otros organismos como los protozoos, nemátodos y miriápodos, que contribuyen a la degradación y estabilización final de la materia orgánica. (Moreno, 2008, p.558)

#### 2.2.7. Tecnología de los microorganismos efectivos (EM).

EM es la abreviación de Microorganismos Efectivos. La tecnología EM consiste en un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos naturales benévolo o bueno, que coexisten en un medio líquido con un pH 3.5. Los microbios en el EM no son dañosos, patógenos, genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados; ni tampoco es una medicina.

Los grupos básicos que conforman estos microorganismos EM son de tres géneros principalmente: Bacteria ácido láctica (comúnmente encontrada en yogurt, quesos), las Levaduras (se encuentran en el pan y cerveza), bacterias fototrópicas (proporcionan oxígeno); estos microorganismos eficaces secretan sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes que al entrar en contacto con la materia orgánica, su efecto benéfico individual se multiplica en forma sinérgica.

#### 2.2.8. Principales microorganismos contenidos en el (EM).

Las especies principales de los microorganismos dentro del cultivo microbiano en cada género son:

##### a. Bacterias del ácido láctico.

*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactics*. Las bacterias ácido-lácticas producen ácidos a partir de azúcares y otros carbohidratos provenientes de las bacterias fotosintéticas y las levaduras. Esta es la razón por la que ciertas comidas o bebidas, tales como el yogurt o los quesos se fabrican utilizando estas bacterias lácticas desde hace un largo tiempo. El ácido láctico es un potente esterilizador. Como tal, combate los microorganismos perjudiciales como el *Fusarium* sp y acelera la descomposición de las materias orgánicas, ayuda a solubilizar la cal y el

fosfato de roca. Por otra parte, las bacterias ácido lácticas facilitan la fermentación de materiales tales como la celulosa y los troncos evitando así causar perjuicios similares a los que se originan cuando estos materiales entran en descomposición.

**b. Bacterias Fotosintéticas.**

*Rhodopseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaeroides*. Pueden fijar el Nitrógeno atmosférico y el bióxido de Carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetiza sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas.

Las bacterias fotosintéticas son microorganismos autosuficientes e independientes. Ellas sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas esta compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todas las cuales ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas.

**c. Levaduras.**

*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*. Degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies de EM, así como de plantas superiores, Las levaduras sintetizan y utilizan las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, así como las de la materia orgánica y de las raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces. Sus secreciones son substratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido-lácticas y los Actinomicetes.

d. *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.

Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del axobacter y de las micorrizas.

Constituyen un gran grupo de bacterias Grampositivas que crecen usualmente por formación de filamentos por eso poseen una estructura intermedia entre la de las bacterias y hongos, producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Esas sustancias antimicrobianas suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas. Los Actinomicetos pueden coexistir con la bacteria fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana.

e. Hongos de Fermentación.

*Aspergillus otyzae*, *Mucor hiemalis*. Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicillium* actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esterres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

Cada una de las especies contenidas en el EM (Bacterias Fotosintéticas, Ácido Lácticas, Levaduras, Actinomicetos y hongos de Fermentación) tiene su propia e importante función. Sin embargo, podríamos decir que la bacteria fotosintética es el pivot de la tecnología EM, pues soportan las actividades de los otros microorganismos. Por otro lado, utilizan para sí mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este es el fenómeno que llamamos coexistencia.

Los hongos, las bacterias, los actinomicetos y la levadura se encuentran en todos los ecosistemas. Las primeras soluciones contenían más de 80 especies a partir de 10 géneros aislados en Okinawa y otros ambientes en Japón. Con el tiempo, la tecnología fue refinada para incluir solamente las cinco especies importantes citadas anteriormente, a saber, las bacterias del ácido láctico, las bacterias fotosintéticas, hongos de fermentación, los

actinomicetos y levadura. Estas se aíslan de sus respectivos ambientes donde el EM se utiliza extensivamente y se combinan en un medio a base de azúcar. La azúcar usada comúnmente es melaza o azúcar cruda, y la solución se mantiene a un pH bajo que se extiende entre 3.0 -4.0. La mezcla no contiene ningún organismo importado de Japón, ni contiene organismos genéticos modificados. Por lo tanto, el EM se hace en más de 40 países en todos los continentes, de especies aisladas en las diferentes localidades. La tecnología es así segura, eficaz y ambientalmente de fácil acceso a los granjeros en países desarrollados y en vías de desarrollo. (Ramirez, 2006, p. 18)

### 2.3. Definición de términos básicos.

#### a. Según la Real Academia Española

✓ Protocolo. - Secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, médica, etc.

#### b. Según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos D.L 1278

✓ Planta de valorización de residuos. - Infraestructura destinada a reaprovechar material o energéticamente los residuos, previo tratamiento.

✓ Recolección selectiva. - Acción de recoger apropiadamente los residuos que han sido previamente segregados o diferenciados en la fuente, con la finalidad de preservar su calidad con fines de valorización.

✓ Residuos municipales. - Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.

✓ Residuos sólidos. - Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final. Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por

sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente.

✓ Segregación. - Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

✓ Tratamiento. - Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final. (p.16-17)

c. Según CORPOICA (2007)

✓ Compostaje: Es el proceso mediante el cual los materiales orgánicos se transforman en formas químicas más estables por la acción de micro y macroorganismos, en interacción con factores químicos, físicos y ambientales, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación

✓ Compost: Es un abono obtenido a partir de la degradación de la materia orgánica. La materia orgánica de origen vegetal o animal (restos de cosechas, estiércoles, rastrojos, etc.) se transforma en un material estable, bien degradado y que sirve de alimento para las plantas. (p.118)

d. Según EEAITAJ (2013).

✓ Microorganismos eficientes (EM): EM es una combinación de microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros Lactobacillus (bacterias ácido-lácticas), Saccharomices (levaduras) y Rhodopseudomonas (bacterias fotosintéticas o fototróficas). (p.1)

## 2.4. Hipótesis:

El protocolo para emplear para una mejor eficiencia del uso de microorganismos para la producción de compost de residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque en el año 2018 tendrá en cuenta la evaluación y control minucioso de los parámetros de proceso como las condiciones adecuadas

de temperatura, humedad, pH; aireación y porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio y la relación C/N; con lo cual se espera la aceleración de la materia orgánica en compost.

### **III. Materiales y métodos**

#### **3.1. Variables y Operacionalización**



Tabla 1 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Variable independiente: Protocolo</b>	Un protocolo es la secuencia detallada de un proceso de actuación científica, técnica, medica, etc, y para ello se tiene el uso de microorganismos eficientes (EM) es la abreviación de Microorganismos Efectivos. La tecnología EM consiste en un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos naturales benévolo o bueno, que coexisten en un medio líquido con un pH 3.5. Los microbios en el EM, no son dañosos, patógenos, genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados; ni tampoco es una medicina. Los grupos básicos que conforman estos microorganismos EM son de tres géneros principalmente: Bacteria ácido láctica (comúnmente encontrada en yogurt, quesos), las Levaduras (se encuentran en el pan y cerveza), bacterias fototrópicas (proporcionan oxígeno); estos microorganismos eficaces secretan sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes que al entran en	Bacterias	Lactobacillus	UFC/ml
			Saccharomices	UFC/gramo
			Rhodopseudomonas	UFC/gramo

	contacto con la materia orgánica, su efecto benéfico individual se multiplica en forma sinérgica.			
<b>Variable dependiente: Producción de compost.</b>	Es Proceso mediante el cual los materiales orgánicos se transforman en formas químicas más estables por la acción de micro y macroorganismos, en interacción con factores químicos, físicos y ambientales, bajo condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación	Parámetros físicos	Temperatura	Grados centígrados (°C)
			Humedad	Procedimiento empírico
			Volumen	M3
		Parámetros químicos	pH	Concentración de iones de hidrogeno
			Nitrógeno	%
			Fosforo	%
			Potasio	%
			Relación Carbono/Nitrógeno	%

### 3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.

#### 3.2.1. Tipo de estudio

Tipo de investigación experimental ya que se maneja la variable, con la aplicación del EM compost.

#### 3.2.2. Diseño de investigación

Corresponde a un tipo de estudio propio de una investigación experimental; según el criterio de Hernández, Fernández y Baptista, 2014; ya que se maneja una muestra control que corresponde al compost elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de Lambayeque; y una muestra experimental que incluye el estímulo que corresponde a la aplicación de microorganismos.

El Diseño queda ajustado según el modelo de Diseño Experimental simple, bajo el siguiente esquema:

G1 ----- X -----O1

G2 ----- O2

Donde:

G1: Grupo experimental (cama de compostaje 1)

G2: Grupo control (cama de compostaje 2)

O1: Observación al G1

O2: Observación a G2

X: estímulo (aplicación de los microorganismos eficientes).

### 3.3. Población, muestra de estudio y muestreo.

#### **Población.**

La población para el presente estudio corresponde a la totalidad de residuos sólidos orgánicos aproximadamente 3t. generados en el mercado modelo de la ciudad de Lambayeque.

#### **Muestra de estudio.**

Se tomará como muestra de estudio 500 Kg de residuos orgánicos del Mercado Modelo de Lambayeque, ya que esta es la capacidad de las camas de compostajes del centro de compostaje municipal.

### **Muestreo.**

El muestreo que se realizó corresponde al tipo de muestreo intencionado, ya que fueron seleccionados de antemano, tanto los residuos sólidos, como las camas composteras.

### **3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **Método.**

El método empleado para lograr los objetivos, son los métodos de la elaboración del EM-Compost, bajo condiciones controladas (APROLAB, 2007).

#### **Técnica.**

Se utilizaron las técnicas correspondientes a la elaboración de compost en camas simples, con un grupo testigo y un grupo experimental con empleo de EM.

La investigación se realizó en el centro de compostaje de la municipalidad provincial de Lambayeque, ubicado en el sector Yencala Boggiano, distrito de Lambayeque, provincia de Lambayeque y departamento de Lambayeque, su relieve es llano, con un clima templado, con moderado calor al medio día con una temperatura anual de 21.9 °C , y una Humedad Relativa de 69 % Relieve.

Coordenadas: WGS 84- Zona 17L

- UTM: N 9257706
- UTM: E 0611911



*Figura 1 Ubicación del área de las pilas composteras*

- Se realizó la evaluación por etapas (mesófila, termófila y maduración). En la evaluación se realizó el pesado del compostaje para determinar así el % de materia orgánica que se ha logrado descomponer y así determinar la eficiencia de los microorganismos.

- En la evaluación también se midió otras variables como temperatura, la cual se midió con un termómetro en cada etapa en las dos pilas, se evaluó el porcentaje de C (carbono), N (nitrógeno), P (fosforo), relación C/N; todos estos porcentajes se obtuvieron en el laboratorio MARTECHI Servicio de análisis de suelos y de agua.

Las mediciones de los parámetros físicos se realizaron de cada volteo hasta el día de la cosecha (94 días); los volteos se realizaron 1 vez por semana. Obtenidos todos los resultados de las diferentes pruebas a las que fueron sometidas las dos muestras se compararon resultados y se analizó la eficiencia de microorganismos en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos del mercado de Lambayeque.

### ***Instrumentos.***

- Cilindro de metal de 120 litros con tapa y sistema hermético.
- Malla raschel color verde oscuro
- Balanza
- pH metro
- Termómetro digital
- Microorganismos Eficientes (EM - compost)
- Cámara fotográfica.
- Laptop
- Estufa
- Probeta graduada
- Solución buffer

### **Materiales:**

- Cordel
- Wincha
- Pico
- Baldes de 20 lt

- Romana de 100 k
- Alambre
- Plástico 120 cm x 15 m
- 01 bolsa de Yeso
- Mochila Fumigadora de 20 lt
- Agua desclorada
- Agua destilada
- Desclorador
- Lapicero
- Libreta de campo
- Formatos de evaluación
- 20 kilos de tierra
- 20 kilos de compost
- Regadora
- Cinta 36

Insumos:

- Agua de Riego
- 15 sacos de estiércol de vacuno
- Residuos de poda de césped
- Melaza de caña de azúcar
- Microorganismos eficientes (EM- COMPOST)

### 3. 5 Procesamiento de datos y análisis estadístico:

En este apartado se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos o resultados que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En cuanto al Análisis se definirán las Técnicas de Laboratorio y Estadísticas, que se emplearán para descifrar lo que revelan los datos recolectados.

Técnica de Procesamiento

Según a siguiente secuencia lógica:

Recolección de datos – procesamiento de la información- presentación y publicación de los resultados

## Recolección de Datos

Implica elaborar un plan detallado de procedimientos que conduzcan a reunir datos con un propósito específico. Las respuestas o los datos obtenidos, previamente codificados, se transferirán a una matriz de datos y se preparan para su análisis. Se utilizan para almacenar los datos la hoja de cálculo Excel.

## Procesamiento de la Información

Proceso mediante el cual los datos individuales se agruparán y estructurarán con el propósito de responder a:

- Problema de Investigación
- Objetivos
- Hipótesis del estudio

## **IV. Resultados**

### **4.1. Elaboración de compost con los residuos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque y aplicación de los microorganismos eficientes**

#### **4.1.1. Elaboración de compost**

Se instaló dos pilas composteras para realizar los estudios pertinentes, tomando en cuenta lo siguiente:

- Se usaron residuos orgánicos de frutas, verduras y flores provenientes del mercado central de Lambayeque, los cuales se recolectaron diariamente por el lapso de una semana con la ayuda de una moto carguera que portaba un cilindro de metal de 120 litros con tapa y sistema hermético para evitar cualquier derrame en el transporte hacia el centro de compostaje.

- Se realizó un pesado inicial de los residuos orgánicos considerándose una cantidad total de 500 kg.

- Se separó en dos muestras (Pilas), Pila N°1: Elaboración de compostaje tradicional (sin microorganismos eficientes), Pila N°2 Elaboración de compostaje con microorganismos eficientes para lo cual se usó “EM-compost”

- Se construyó las dos pilas de 1 metro de altura, mediante capas de residuos orgánicos 80 %, más paja de arroz 20 %.

Se realizó la mezcla y homogenización mediante volteo semanal lo que permitió la descomposición aeróbica de la materia orgánica, además del control de la humedad mediante riegos frecuentes según necesidad, evitando enlodar o demasiada resequedad de los residuos en la pila.

- Para evitar proliferación de moscas y otras plagas se cubrió toda la pila con una manta tipo malla raschel color verde oscuro.

#### **4.1.2. Aplicación de los microorganismos eficientes.**

Se procedió a la activación de los microorganismos efectivos (EM-COMPOST): En un balde de 20 litros, se procedió a mezclar 1L de melaza de caña de azúcar con 1 litro de microorganismos eficaces en 18 litros de agua sin cloro, se procedió a tapar herméticamente para el proceso de fermentación por un periodo de 7 días, transcurrido este periodo se liberó el gas que se formó, se observa que en la superficie del preparado se presenta una coloración blanca y un olor agridulce siendo indicadores de que el EM está activado, luego se procedió a esparcir en la



pila de compost preparada en el centro de compostaje de la municipalidad de Lambayeque.



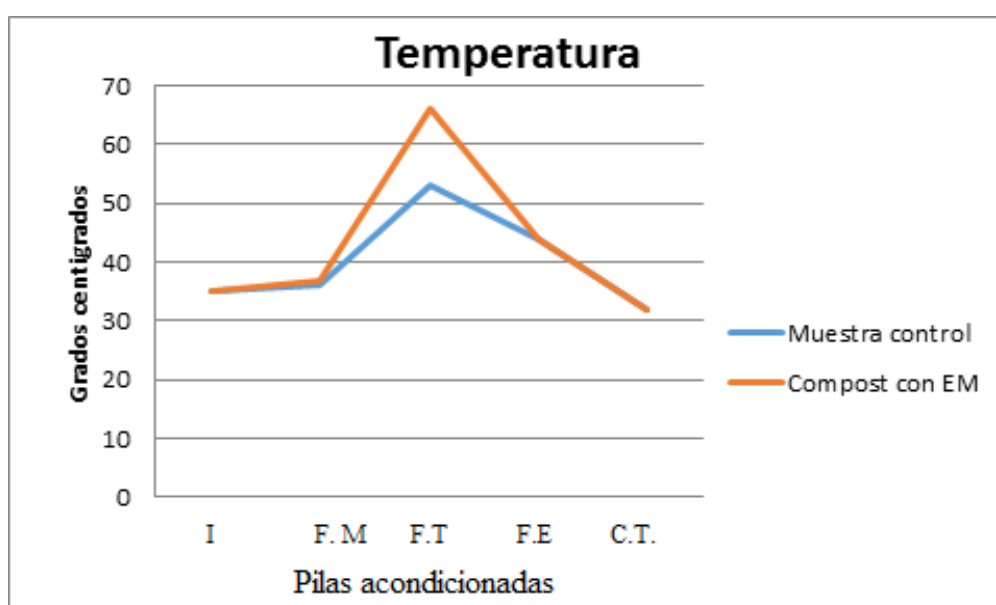
*Figura 2 Activación y aplicación de los Microorganismos Eficientes*

#### 4.2. La evaluación de las muestras y determinación de eficiencia de compost con EM COMPOST y sin EM COMPOST

##### 4.2.1. Medición de parámetros

- Temperatura

La lectura de temperatura del proceso de compostaje se realizó 1 vez por día por espacio de tres meses en los 2 diferentes módulos de compostaje donde se observó claramente las fases mesófila, termófila, enfriamiento y maduración.



*Figura 3 Registro de temperatura en muestra control y Compost con EM*

En esta figura se puede observar que en la muestra control o el tratamiento T1 alcanzo temperaturas máximas de 53°C, durante la fase termófila, mientras que, en el compost tratado con EM, se tuvo una temperatura mayor siendo el promedio 66 °C lo que nos indica que el aumento de la temperatura es fuertemente ligado a la actividad microbiana.

#### - Humedad

En este proceso para conocer el porcentaje de humedad se tomó una muestra de 100 gr aproximadamente, de cada pila y luego se llevó al laboratorio. Se pesó el recipiente vacío acondicionado para la prueba de húmedas (mi) luego se colocó el recipiente con la muestra en el horno a 115°C durante 1 hora, hasta obtener un peso constante. Se pesó el recipiente con la muestra seca y luego se calculó el porcentaje de la humedad por diferencia entre el peso húmedo y el peso seco.

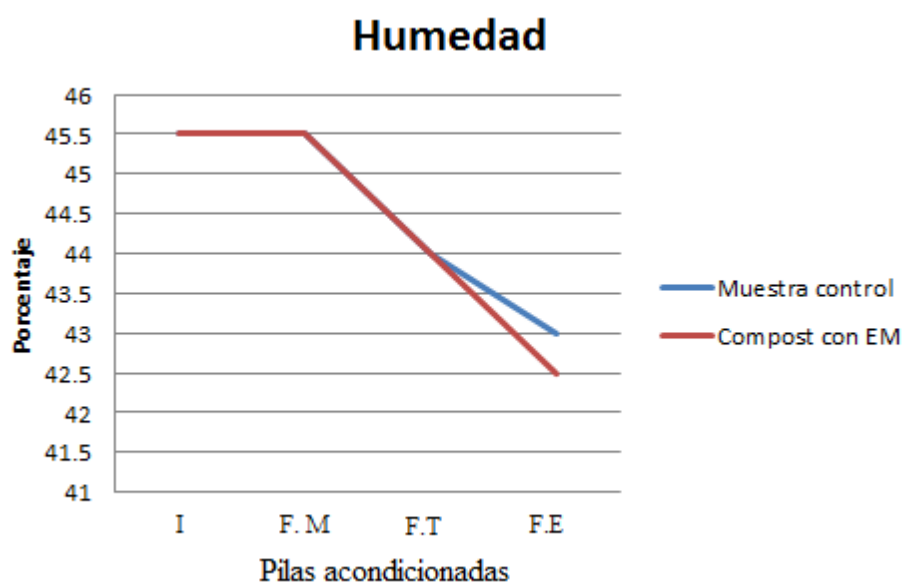


Figura 4 Registro de la humedad en muestra control y Compost con EM

En la figura podemos observar que la humedad en las primeras semanas fue de 45.5% para ambos tratamientos, descendiendo en ambos casos durante todo el proceso de maduración, se obtuvo una variación moderada durante el proceso de compostaje, esto debido a que se estuvo inoculando los microorganismos eficientes (EM) en cada volteo. Al final del proceso de compostaje la humedad de las pilas

disminuyó, entrando a la fase de maduración, donde la humedad de ambos tratamientos llegó a descender hasta 43%(MC) y 42.5%(CEM).

- pH

Se tomó datos periódicos del pH de las pilas de compost con el fin de evaluar el avance del proceso de degradación de la materia orgánica. Se utilizó el pH metro portátil, para lo cual se realizó forma directa en la pila compostera.

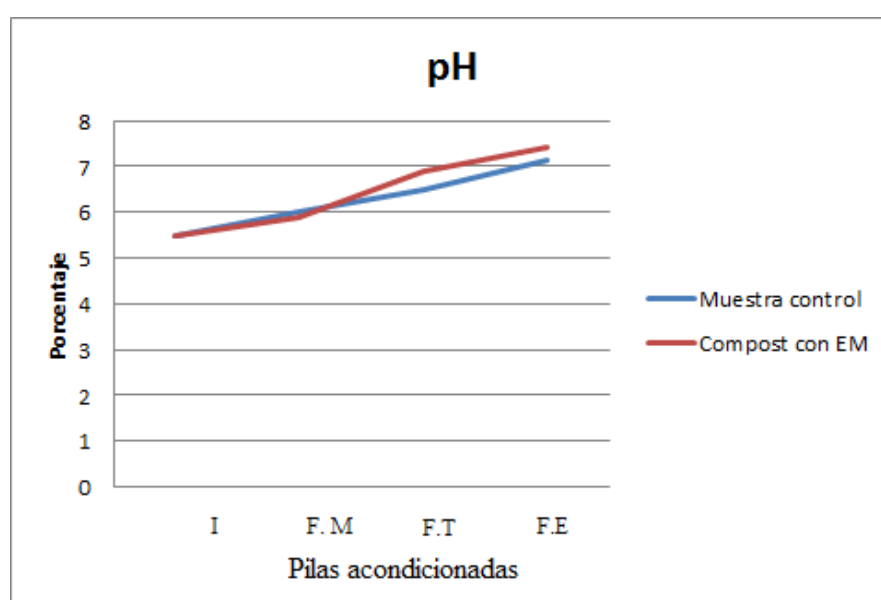


Figura 5 Registro de pH en muestra control y Compost con EM

En la figura podemos observar un incremento de pH en ambos tratamientos, donde en el control se presentó un pH mínimo de 5.5 en las primeras semanas y un máximo de 7.15 en la tercera semana. Mientras que el método con aplicación de microorganismos presento pH de 5.5 en las primeras semanas y un pH de 7.5 al finalizar, indicándonos esto que existe una buena aireación que favorece a la proliferación de las bacterias y a la buena descomposición de la materia orgánica.

#### 4.2.2. Determinación de la eficiencia de los EM.

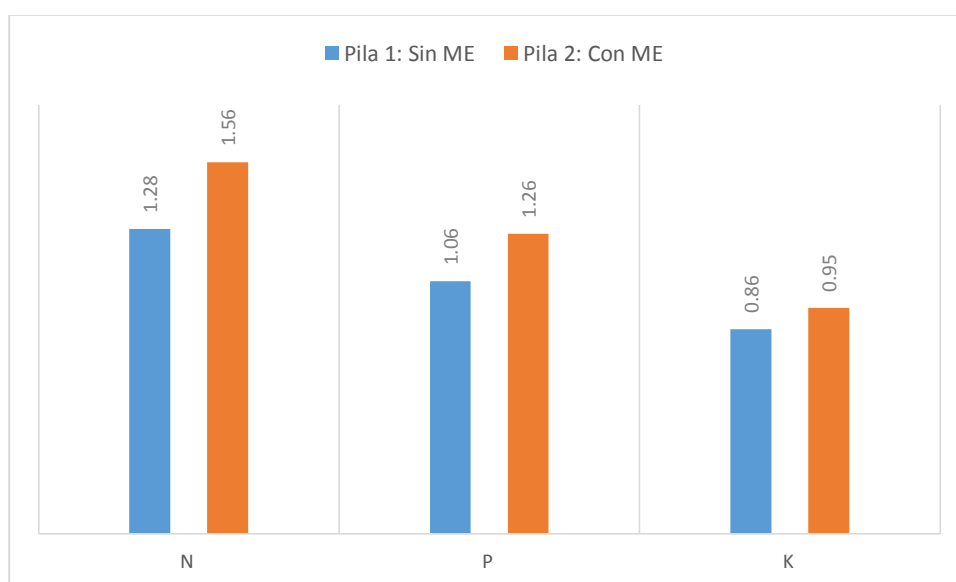
Los análisis se realizaron en el laboratorio MARTECHI Servicio de análisis de suelos y de agua, para la toma de muestra se tomaron 1 kg de compost

maduro de cada tratamiento. Para determinar la calidad del compost con el respectivo análisis de características físico-químico, En la tabla N°2, podemos observar los valores nutricionalmente evaluados en laboratorio como N, P, K, materia seca, cenizas, materia orgánica, carbono, humedad, pH y conductividad eléctrica. En la figura N°6; observaremos su gráfica.

*Tabla 2 Resultado de Macronutrientes de compost con ME- M-Compost*

Elementos/Resultados	N	P	K
<b>Pila 1: Sin ME</b>	1.28	1.06	0.86
<b>Pila 2: Con ME</b>	1.56	1.26	0.95

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímico Laboratorio MARTECHI



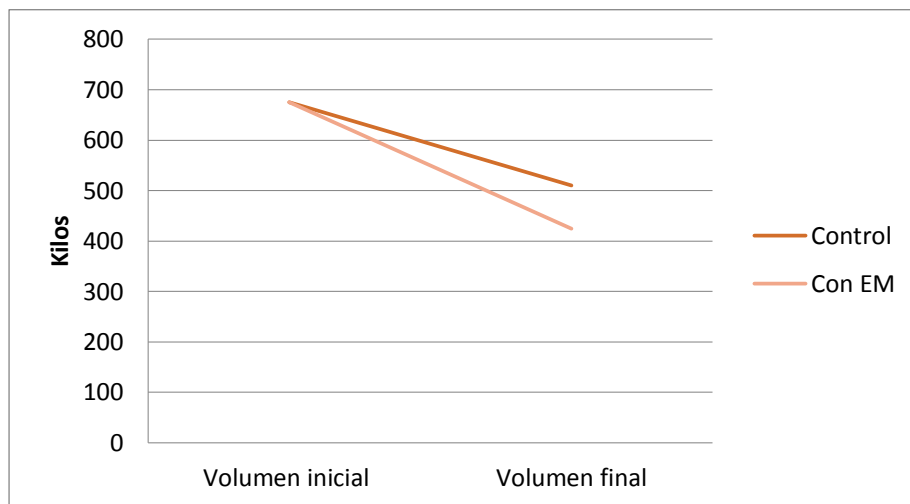
*Figura 6 Comparación de las dos muestras en cuanto a N, P, K*

En la figura N°7, podemos observar la comparación de los tres minerales viendo que el nitrógeno de los 2 diferentes métodos varia siendo mayor en el compost enriquecido con EM que el control; del mismo modo la concentración de fosforo es mayor en la que contiene EM, en cuanto al potasio es mayor en la pila con microorganismos eficientes, los tres casos se puede notar que existe diferencia en la calidad nutricional con la aplicación de microorganismos ya que contiene mayores valores de nitrógeno. Según la

norma chilena nos indica que los valores de P, N y K, Deben encontrarse entre  $\geq 0.5\%$ .

#### 4.2.3. Compost final

Esto se realizó cuando la materia orgánica perdió su estructura inicial y obtuvo un color marrón. La cosecha se obtuvo en un periodo de 94 días de haber instalado las pilas de compost, se recogió en baldes y se pesaron por separado cada tratamiento. El producto de cada pila paso por una zaranda, para separar el abono obtenido de los grumos de materia no descompuesta.



*Figura 7 Volumen inicial y final de compost*

La figura muestra la reducción de peso y volumen, siendo el peso inicial 675 kilogramos para ambos tratamientos, en el tratamiento de la pila control tuvo una reducción de 675 kg. a 510 kg. Mientras que en la pila tratada con EM, se redujo de 675 kg. a 425 kg.

#### Secado – Cernido

Una vez que el proceso de compostaje llegó a su término se produjo una reducción de volumen entre 40 y 50% pero también quedan materiales que no se han degradado y para homogenizar el producto lo cernimos. En esta operación se utilizó un tamiz con el fin de captar los residuos que aún no se han degradado completamente.

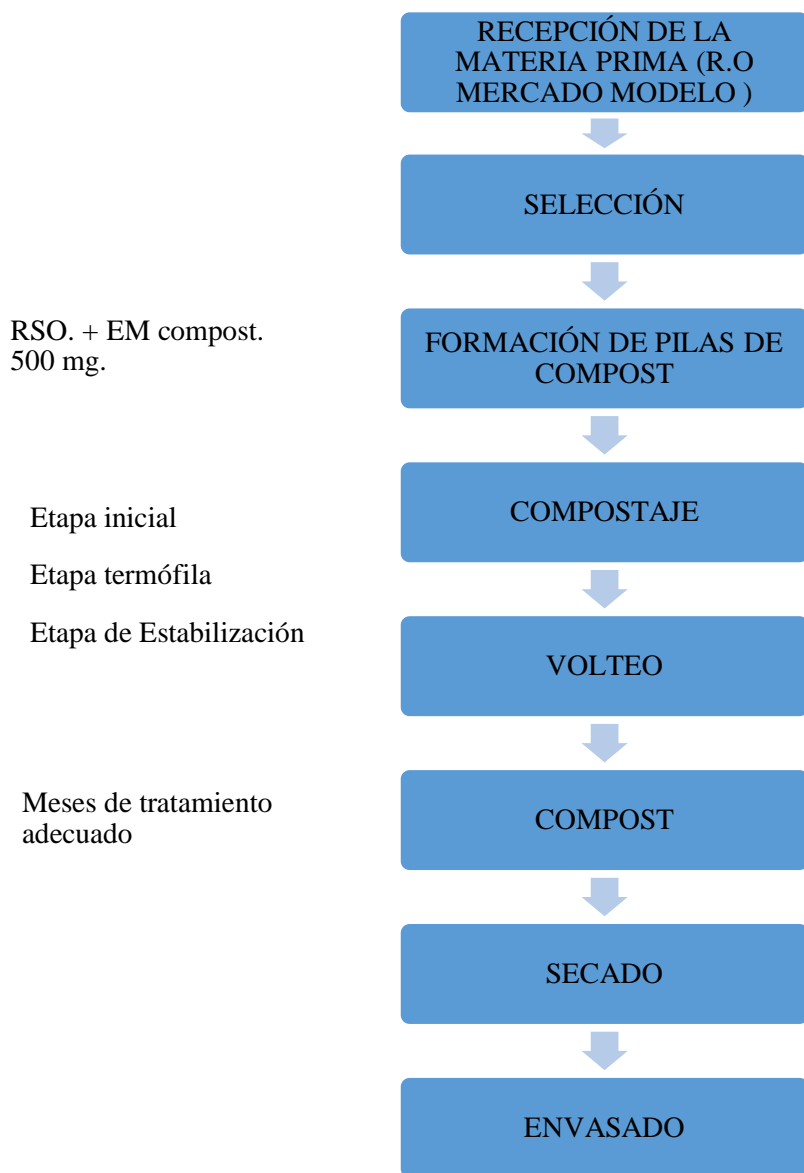
#### 4.3. Protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque.

Para la obtención del compost se siguió el presente flujograma, de acuerdo con Sztern y Pravia, 1999; citado por APROLAB, 2007 y refrendado por la Organización Panamericana de la Salud.

Fases de Compostaje en el Proceso adecuado para de la obtención de un mejor Producto

##### Cuadro de las fases

##### Obtención de Compostaje



Fuente: Investigación Tesis

#### 4.3.1.1. Introducción

El suelo brinda servicios ecosistémicos que incluyen el almacenamiento de carbono, el almacenamiento y el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los servicios sociales y culturales. Por lo que mejorar el contenido de carbono del suelo es un proceso a largo plazo, que también disminuye la tasa de erosión, e incrementa el secuestro de carbono para mitigar el cambio climático, una de las formas más eficientes de incrementar la calidad del suelo es a través del compostaje; el compostaje es un proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica. El proceso de compostaje imita la transformación de la materia orgánica en la naturaleza, y permite homogenizar los materiales, reducir su masa y el volumen e higienizarlos. A su vez reduce los volúmenes de materia orgánica que se dispone en los botaderos por lo que compostar residuos municipales es de vital importancia.

#### 4.3.1.2. Objetivos.

Estandarizar la metodología; para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado

#### 4.3.1.3. Alcance.

El protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado está orientado a ser empleado en el ámbito municipal de cualquier ciudad costera de nuestro país.

#### 4.3.1.4. Marco Legal

- a. Constitución Política Del Perú.
- b. D.S. N° 012-2009-Minam, Política Nacional Del Ambiente
- c. Ley N° 28611, Ley General Del Ambiente
- d. Decreto Supremo N° 014-2011-Minam, Aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA- PERU: 2011- 2021
- e. Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- f. Ley N° 26842, Ley General De Salud
- g. Ley N° 27972, Ley Orgánica De Municipalidades

h. Ley N° 29419, Ley Que Regula La Actividad De Los  
Recicladores Y Su Reglamentación.

4.3.1.5. Procedimiento.

Se detalla todas las fases del compostaje de residuos orgánicos de mercado, para conseguir una adecuada eficiencia:

**a. Fase mesófila inicial.**

Comienza la descomposición en las pilas de compostaje con un máximo de 1 metro de alto, en donde se controla la temperatura y humedad dándole un ambiente propicio a que las bacterias y hongos lleven a cabo la degradación de los residuos. La temperatura sufre un aumento de aproximadamente 40 °C, el pH disminuye a causa de la producción de ácidos orgánicos.

Se recomienda trabajar con pilas no mayores a 1000 kilogramos, para una mejor regulación de la temperatura; en esta fase se aplica en el 2do día los microorganismos eficientes. El aumento de temperatura a causa del proceso exotérmico de la degradación de los residuos da pase a la siguiente fase; esta fase dura 11 días.

**b. Fase termófila.**

A causa del aumento de temperatura los hongos y levaduras son reducidos y eliminados completamente cuando las pilas alcanzaron aproximadamente los 60°C. De igual manera fueron eliminados macroorganismos patógenos y parásitos. A la vez hay incremento de microorganismos termófilos que seguirán aumentando la temperatura de las pilas.

El aumento de temperatura lleva a la degradación de polímeros en sustancias monoméricas que servirá luego como abono propiamente dicho, el continuo aumento de temperatura pasará a actuar de manera inhibitoria en el crecimiento de población bacteriana, lo que llevará a la siguiente fase. Esta fase dura 52 días, va desde el día 12 al día 64.



### c. Etapa de enfriamiento y maduración.

Al disminuir la temperatura, las bacterias disminuyen y empiezan a proliferar hongos y actinomicetos degradando compuestos complejos.

La disminución bacteriana, contribuye a la diversificación de esta lo que genera mayor degradación en las pilas.

El género *Arthrobacter* va apareciendo conforma la pila va madura y pareciéndose más a la composición del suelo.

Esta fase dura 21 días, va desde el día 65 al día 85.

#### 4.3.1.6. Análisis de beneficio costo del compostaje.

##### 4.3.1.6.1. Costos

- a. Elaboración de compost Con Microorganismos Eficientes – EM compost.

*Tabla 3 Costos para la elaboración de compost con EM*

Concepto	Unidad de medida	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Sub Total (S/)
<b>Insumos</b>				<b>50,00</b>
<b>Residuos sólidos orgánicos</b>	kg	0,00	500,00	0,00
<b>Tierra agrícola</b>	kg	0,00	25,00	0,00
<b>Paja de arroz</b>	kg	0,1	100,00	10,00
<b>Estiércol seco</b>	kg	0,00	50,00	0,00
<b>Microorganismos Eficientes</b>	litros	40,00	1	40,00
<b>Mano de Obra</b>				<b>347,6</b>
<b>1 trabajador (85 días) **</b>	Jornales	31,6	11	347,6
<b>Transporte</b>				<b>7,00</b>
<b>Gasolina</b>	gl	14	0,5	7,00
<b>TOTAL</b>				<b>1213,80</b>
<b>Precio por kg de Compost (S/)</b>	<b>2,43</b>			

Fuente: Elaboración propia

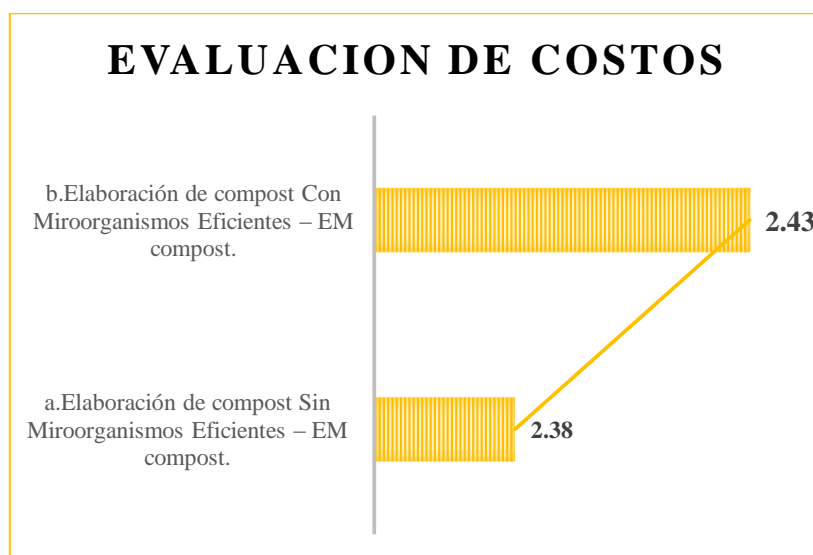
b. **Elaboración de compost Sin Miroorganismos Eficientes – EM compost.**

*Tabla 4 Costos para la elaboración de compost sin EM*

Concepto	Unidad de medida	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Sub Total (S/)
<b>Insumos</b>				<b>10,00</b>
<b>Residuos sólidos orgánicos</b>	kg	0,00	500,00	0,00
<b>Tierra agrícola</b>	kg	0,00	25,00	0,00
<b>Paja de arroz</b>	kg	0,1	100,00	10,00
<b>Estiércol seco</b>	kg	0,00	50,00	0,00
<b>Mano de Obra</b>				<b>379,2</b>
<b>1 trabajador (85 días) **</b>	Jornales	31,6	12	379,2
<b>Transporte</b>				<b>7,00</b>
<b>Gasolina</b>	gl	14	0,5	7,00
<b>TOTAL</b>				<b>1188,60</b>
<b>Precio por kg de Compost (S/)</b>	<b>2,38</b>			

Fuente: Elaboración propia

\*\* Se considerado 01 volteo semanal y riego, es decir trabajo efectivo 1 día/ semana



*Figura 8 Evaluación de costos*

Del análisis se obtiene que la diferencia de costo en los dos procesos es baja representando solo de un incremento del costo de 0,5 céntimos en el proceso que se adiciona Microorganismo Eficientes. Si bien, existe un ligero incremento en el costo, existe una ventaja significativa en el tiempo de degradación de la materia orgánica, lo que significa ahorro de tiempo y posibilidad de procesar mayores volúmenes de residuos orgánicos.

#### 4.3.1.6.2. Beneficios

##### a) Ambientales

El compostaje presenta numerosas ventajas, tanto el realizado en planta industrial, como el realizado a nivel doméstico. Estas ventajas son principalmente de tipo ambiental:

- Reducción del uso de insumos agroquímicos para fertilizar y mejorar la textura, capacidad de absorción, se puede reducir hasta en un 100 % en el uso de urea
- Cierre del ciclo de la materia orgánica, lo que implica disponibilidad de materia prima para la economía circular.
- Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos destinados a vertedero, evitando así problemas de contaminación de suelos por lixiviados orgánicos y emisiones provenientes de la descomposición en vertederos y la quema de los mismo.
- El compost fruto de este proceso favorece la productividad de la tierra sin contaminarla con químicos dañinos para los ecosistemas que acaban incorporándose a nuestra cadena alimentaria. Se trata de un fertilizante natural, corrector de la estructura del suelo, protector contra la erosión y sustrato de cultivo.
- También se puede utilizar en las zonas ajardinadas y de recreo para proteger y mejorar sus necesidades de fertilización, aumenta en un 30 a 35 % la permeabilidad del suelo, con lo que permite mayor absorción de nutrientes hacia las raíces de las plantas.

- El compost inmaduro o triturado de restos de poda también se puede utilizar como acolchado en plazas municipales, alcorques, etc., dotando al municipio de espacios más en consonancia con la naturaleza.
- b) Beneficios Sociales
  - El compostaje doméstico es una gran herramienta de educación ambiental y participación ciudadana.
  - Supone una vía interesante de educación y concienciación ambiental, ya que permite visualizar la responsabilidad individual sobre los residuos y permite participar en la solución de una problemática importante.
  - Ofrece una puerta abierta a otras campañas y acciones en pro del medio ambiente, relativa a residuos y ampliable a otras temáticas ambientales.
  - Se ha demostrado como una herramienta que fomenta la participación ciudadana, a través de experiencias comunitarias que favorecen las relaciones sociales, resaltando valores de responsabilidad, respeto y trabajo en equipo.

#### 4.3.1.7. Conclusiones.

La metodología; para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado, y que este sea eficiente establece tres fases las mismas que están comprendidas en 85 días, siendo la termófila la que más días requiere, y sobre todo la aplicación de los microorganismos eficientes al iniciar el proceso de compostaje.

## V. Discusión

En el Perú la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se genera a diario es alta; la ciudad de Lambayeque no es ajena a ello por lo que esta investigación al igual que la hecha por Puerta en 2004, donde concluye que la evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del proceso de compostaje permitirá comparar el compost elaborado a partir de residuos sólidos municipales con los parámetros de la normatividad colombiana y así tener la certeza de poder aplicarlo como abono, contribuyendo a disminuir la vida útil del relleno sanitario de los municipios en un 50% aproximadamente; en la presente tesis se obtuvo una reducción de volumen considerable a los 85 días, si bien es cierto que el compost es útil para la agricultura, la disminución del volumen es suficiente para la ganancia ambiental y la reducción de riesgos sanitarios.

En la investigación para la instalación de las pilas composteras se tuvieron en cuenta los diferentes parámetros en el proceso de compostaje como es la temperatura que se mantuvo en el rango de 35°C a 75 °C, la humedad entre 45% a 42.5%, el pH en 5.5 a 7.5 y los volteos que se dieron una vez por semana, estos factores influyeron para que se produjera un compostaje en 85 días, donde se pudo comprobar que la temperatura es un factor importante ya que acelera el tiempo de transformación de la materia orgánica; estos incrementos de temperatura están ligada a la actividad metabólica de los microorganismos existentes en el proceso de compostaje.. Estos resultados coinciden con los de Acosta Peralta (2015) quienes encontraron que la variable que más influye sobre la concentración de UFC/G de hongos y bacterias es la temperatura ya que si no se está dentro de los rangos óptimos (35 °C a 60 °C), detiene o inhibe el desarrollo de los microorganismos afectando en forma directa como en la mezcla 1 la descomposición de los residuos. Al finalizar el proceso de compostaje identificaron géneros de microorganismos los cuales tienen una gran importancia en la actividad biológica del suelo y están relacionados con la nutrición vegetal, estos fueron bacterias como *Bacillus*, y *Arthrobacter*, hongos como *Penicillium* y *Aspergillus*, y actinobacterias como *Micrococcus* y *Streptomyces*.(p.106)

Najar (2014) comprobó que la producción de compost Con Microorganismos Eficientes (CEM) es más eficiente que la producción de compost convencional Sin

Microorganismos Eficientes (SEM), tanto en los factores de tiempo, olor, calidad nutricional, patógenos, presencia de moscas, rendimiento promedio por ruma, costo de producción por ruma, margen de utilidad por ruma, rendimiento promedio anual, costo de producción anual, margen de utilidad anual y margen de utilidad. (p.251); el compost producido por este proyecto se produjo con estricto cuidado para regular la presencia de patógenos nocivos, considerando que se trata de residuos orgánicos proveniente de mercado, así mismo la presencia de moscas fue muy escasa gracias al control de carnes, pescado y cítricos.

Naranjo (2013) en su estudio concluye que, con el aporte de microorganismos benéficos, para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost, se alcanzaron los mejores resultados, al reducirse el tiempo a la cosecha y obtener compost de mejor calidad, obteniéndose en los tratamientos de éste producto: menor tiempo a la obtención del compost (90,67 días), mayor número de colonias (espirilos, cocos, bacilos). (8,44/g de compost), con mejor contenido nutricional, al reportar mayor contenido de fósforo (339,66 ppm) y buen contenido de nitrógeno, potasio y materia orgánica, por lo que es el producto apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, obteniéndose el compost en menor tiempo, con mejor contenido nutricional. (p.54). Al evaluar los resultados del compost elaborado a base de residuos orgánicos del mercado se pudo determinar que la adición del EM fue favorable para acelerar el proceso de compostaje en residuos; se obtuvo una temperatura de mayor en las pilas tratadas lo que indica el trabajo de los microorganismos, esto es debido a la aplicación de los del EM, se puede además que este tratamiento tuvo porcentajes más altos Nitrógeno total (N%), así también se puede observar tanto para el P y K lo que nos indica una mejor calidad de compost.

## **VI. Conclusiones**

Se elaboró compost con los residuos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque; en las instalaciones del área de compostaje de la municipalidad de Lambayeque, usando el método tradicional en pilas de un total de 675 kg, teniendo mucho cuidado en el proceso de volteado y aireación. Se aplicó 1 litro de microorganismos eficientes, estos fueron activados con 18 litros de agua en un balde, dejándosele madurar por 7 días, para luego ser aplicados en una de las dos camas composteras para ser medidas los resultados de esta en contraparte con la cama control.

Se tuvo una evaluación constante durante el proceso de maduración que duro 85 días, tomando los parámetros de humedad, temperatura, pH, controlando estos de forma meticulosa, una vez concluido el proceso se tomó muestras de ambas pilas teniendo resultados favorables en ambos tratamientos, siendo mayores las cantidades de Nitrógeno en un 0.28 %, en 0.2 % de fosforo y en 0.09 de potasio en la muestra con tratamiento con EM.

Con la estandarización de la metodología se elaboró el protocolo para la producción de compost con uso de microorganismos eficientes en residuos sólidos orgánicos del mercado de la ciudad de Lambayeque.

## **VII. Recomendaciones**

Garantizar la calidad de los materiales para el compostaje. El material seleccionado para ser utilizado en el proceso de compostaje es un factor importante respecto a la calidad del producto final a obtenerse, siendo necesario analizar los materiales que se van a compostar para poder establecer las características tales como: pH, tamaño de partículas, contenido de nitrógeno total, contenido de humedad y contenido de sales.

Se debe de buscar obtener mezclas óptimas con materiales de diferente origen, de tal forma que contengan características complementarias para conseguir un equilibrio en el contenido de nutrientes, y que tengan propiedades físicas y químicas que favorezcan el proceso, permitiendo conseguir una mejor calidad del compost.

Quitar mediante lavado las impurezas a la materia orgánica, hay que resaltar que la calidad del compost está determinada por los materiales iniciales que han sido acopiados para ser procesados en las pilas, sobre todo por el contenido de la materia orgánica y los nutrientes que estos puedan aportar. La calidad del producto final depende de la calidad del material clasificado.

Se recomienda la aplicación de los microorganismos eficaces a las pilas de compostaje a mayor escala, ya que facilitan la degradación de la materia orgánica, reducción de malos olores y la presencia de algunos insectos, se sugiere que se aplique por lo menos las cuatro primeras semanas, utilizando dosis de 1 litro en mochila de 20 litros (una aplicación por semana).



## VII. Referencias bibliográficas

- Acosta, W., y Peralta, M. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el Municipio de Fusagasugá. (Tesis de grado). Universidad de Cundinamarca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de Zootecnia. Fusagasugá, Colombia.
- Altamirano, M., y Cabrera C. (2006) Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. Revista del Instituto de Investigaciones. FIGMMG UNMSM Vol (9), N° 17, pp.75-84
- Caixa, D; Chimbo, A; Sarduy-Pereira, L; Pisco, E; Diéguez-Santana, K. (2018). Propuesta de Producción más limpia en el Proceso de Elaboración de Abonos orgánicos con desechos de camal, realizado en el relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa, Provincia de Tungurahua. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana. <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/elaboracion-abonos-organicos.html>
- Cardona, C., Sánchez, Ó., Ramírez, J., y Alzate, L. (2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, VI (2), pp.78-89.
- Cieza, J. (2017). Aplicación de Bacterias ácido-lácticas para acelerar la descomposición de residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el centro de compostaje Yéncala Boggiano – Lambayeque. Tesis para optar el Título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Ambiental. Universidad César Vallejo. Chiclayo.
- Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.2 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [07-08-2019].
- CORPOICA (2007) Guía Tecnológica Para El Manejo Integral Del Sistema Productivo De La Caña Panelera. pp (118). Colombia Recuperado en 12 de junio de 2018, de: <https://books.google.com.pe/books?isbn=9588311179>
- Decreto Legislativo 1278; Decreto Supremo 014-2017 (2017), Ministerio del Ambiente. Perú
- Estación experimental agropecuaria para la introducción de tecnologías apropiadas de Japón (2013). Microorganismos Eficaces. Recuperado en 12 de

junio de 2018, de:  
[http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos\\_Eficaces\\_EM\\_Presentacion\\_breve.pdf](http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf)

- García, F. (2018). Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la Universidad César Vallejo, Filial Chiclayo. Tesis para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingenierías. Universidad César Vallejo-Chiclayo.
- González, O., Rojo, R., Amavizca B., Amavizca, L., Maldonado, J., Peñuelas, O., Velázquez A., Mungarro, C., Gutiérrez, M., y Arellano, M., (2008) Microorganismos Benéficos A Nivel Semi-Comercial En Cultivos Hortícolas En El Valle Del Yaqui, Sonora, México.
- Lescano, C. (2015). Efecto de tres aceleradores de degradación en el tiempo de compostaje utilizando residuos sólidos orgánicos urbanos en Huanchaco, Trujillo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Lett, A. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Revista argentina de microbiología*, 46(1), 1-2. Recuperado en 12 de junio de 2018, de: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0325-75412014000100001&lng=es&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-75412014000100001&lng=es&tlng=pt).
- Ministerio del Ambiente (2014) Sexto Informe Nacional De Residuos Sólidos De La Gestión Del Ámbito Municipal Y No Municipal 2013. pp10. Recuperado de: <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2016) Evaluación Del Impacto Ambiental 2011 – 2016. Proceso seguro y confiable para la toma de decisiones Recuperado de: [http://www.minam.gob.pe/informessectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/informe-sectorial-N%C2%B0-10\\_version-final.pdf](http://www.minam.gob.pe/informessectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/informe-sectorial-N%C2%B0-10_version-final.pdf)
- Ministerio Del Ambiente (2016) Plan Nacional De Gestión Integral De Residuos Sólidos 2016- 2024. Lima, Perú.
- Moreno, J. (2008) Compostaje. España. Ediciones Mundi – Prensa.
- Najjar, T. (2014) Evaluación de la eficiencia en la producción de compost convencional con la aplicación de la tecnología EM (microorganismos eficaces)

a partir de los residuos orgánicos municipales, Carhuaz 2012 (tesis de grado) Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" Huaraz – Ancash – Perú.

- Naranjo, I., (2013) Aplicación De Microorganismos Para Acelerar La Transformación De Desechos Orgánicos En Compost. (Tesis de grado). Ambato – Ecuador.
- Penagos, J., Adarraga, J., Vergara, D. y Molina E. (2011) Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido. Universidad Libre-Barranquilla, Año 6, No. 11, pp. 37-44
- Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (1), pp.56-65.
- Rafael, M. (2015), Proceso de Producción y aplicación del producto Microorganismos Eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga-Huancayo. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente,
- Ramirez, M. (2006) Tecnología de microorganismos efectivos (EM) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible. Universidad Nacional de Santander. Bucaramanga.
- Ramos, R. (2015). Evaluación de diferentes sustratos de materias orgánicas y con microorganismos eficientes en la preparación de compost, en la zona de Pangoa – Perú. Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Sáez, A., y Urdaneta G., J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20 (3), pp.121-135.
- Saneamiento, salubridad y salubridad (2014) Registro Nacional de Municipalidades INEI Capítulo 10. pp (96-97).  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1246/index.html](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1246/index.html)
- Sztern, D. y M. Pravia, (1999). Manual para la Elaboración de Compost. Bases Conceptuales y Procedimientos. Presidencia de la Republica del Uruguay y Organización Panamericana de la Salud-OPS.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Temperatura

Compost		Muestra control	Compost con EM
<b>Inicial</b>		<b>35</b>	<b>35</b>
<b>Pilas acondicionadas</b>	<b>Fase Mesófila</b>	<b>36</b>	<b>37</b>
	<b>Fase Termófila</b>	<b>53</b>	<b>66</b>
	<b>Fase De Enfriamiento - Maduración</b>	<b>44</b>	<b>44</b>
<b>Compost final</b>		<b>32</b>	<b>32</b>

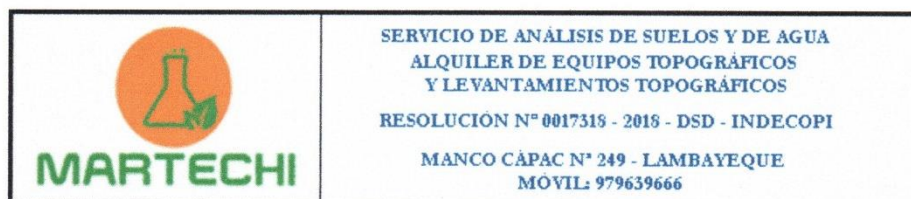
### Anexo N° 2. Humedad

Compost		Muestra control	Compost con EM
<b>Inicial</b>		<b>45.5</b>	<b>45.5</b>
<b>Pilas acondicionadas</b>	<b>Fase Mesófila</b>	<b>45.5</b>	<b>45.5</b>
	<b>Fase Termófila</b>	<b>44</b>	<b>44</b>
	<b>Fase De Enfriamiento - Maduración</b>	<b>43</b>	<b>42.5</b>

Anexo N° 3: pH

<b>Compost</b>		<b>Muestra control</b>	<b>Compost con EM</b>
<b>Inicial</b>		<b>5.5</b>	<b>5.5</b>
<b>Pilas acondicionadas</b>	<b>Fase Mesófila</b>	<b>6</b>	<b>5.9</b>
	<b>Fase Termófila</b>	<b>6.5</b>	<b>6.9</b>
	<b>Fase De Enfriamiento - Maduración</b>	<b>7.15</b>	<b>7.4</b>

Anexo N° 4.



**Solicitante:** BACH. FRED XENIA ESTEFANIA AVELLANEDA ENRIQUEZ

**Tesis** : "Protocolo para la producción de Compost de Residuos Sólidos Orgánicos del Mercado de la Ciudad de Lambayeque 2018"

**Lugar** : Centro de Compostaje de la Municipalidad Provincial de Lambayeque

**Muestra** : Compost sin Microorganismos Eficientes

**Fecha** : 25 de Diciembre del 2018

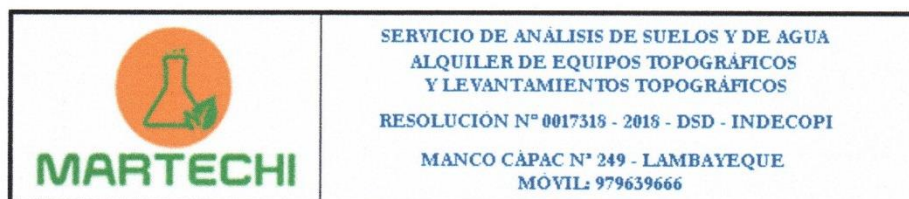
#### ANALISIS FISICO Y QUIMICO

MUESTRAS	M - 1
PH	7.2
Cec (Mihos/cm)	25.96
Material Orgánica (%)	39.95
Nitrógeno (%)	1.28
Fosforo (P2O5) (%)	1.06
Potasio (K2O) (%)	0.86
Calcio (CaO) (%)	0.66
Magnesio (MgO) (%)	0.30
Materia Seca (%)	49.90
Humedad (%)	45
Cenizas (%)	13.40
Carbono (%)	20.15
Relación C/N (%)	15.74

  
SALVADOR MARTINEZ NIQUEN  
TEC. DE LABORATORIO



  
EDWIN JOEL SANTISTEBAN CHAPOAN  
INGENIERO AGRICOLA  
Reg. CIP. N° 161066



**Solicitante:** BACH. FRED XENIA ESTEFANIA AVELLANEDA ENRIQUEZ

**Tesis** : "Protocolo para la Producción de Compost de Residuos Sólidos Orgánicos del Mercado de la Ciudad de Lambayeque 2018"

**Lugar** : Centro de Compostaje de la Municipalidad Provincial de Lambayeque

**Muestra** : Compost con Microorganismos Eficientes

**Fecha** : 25 de Diciembre del 2018

#### ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO

MUESTRAS		M - 2
PH		7.5
Cec (Mihos/cm)		20.25
Material Orgánica	(%)	33.10
Nitrógeno	(%)	1.56
Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(%)	1.26
Potasio (K <sub>2</sub> O)	(%)	0.95
Calcio (CaO)	(%)	0.70
Magnesio (MgO)	(%)	0.30
Materia Seca	(%)	60.40
Humedad	(%)	42.5
Cenizas	(%)	12.80
Carbono	(%)	19.20
Relación C/N	(%)	12.30

  
SALVADOR MARTÍNEZ NIQUÉN  
TEC. DE LABORATORIO



  
EDWIN JOEL SANTISTEBAN CHAPÓN  
INGENIERO AGRÍCOLA  
Reg. CIP. N° 161066

Anexo N° 6

VOLUMEN Kg.

CONTROL												
	MES	FECHA	MUESTRA	Materiales Kg				Total kg.	T° °C	H %	p H	
			500	R.O Mercado	Tierra Agrícola	Paja de Arroz	Estiercol seco					
	SETIEMBRE	13/09/2018	RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO	85,20	4,16	16,60	8,33	675,0	35	46	5,5	
		14/09/2018		87,30	4,16	16,60	8,33		35			
		15/09/2018		80,40	4,16	16,60	8,33		35			
		16/09/2018		82,30	4,16	16,60	8,33		35			
		17/09/2018		86,20	4,16	16,60	8,33		35			
		18/09/2018		78,60	4,19	17,00	8,35		35	45	5,5	
		ACONDICIONAMIENTO DE PILA /KG										
		19/09/2018	PILA ACONDICIONADA	500	25,0	100,00	50,00	675,0	35			
		1	20/09/2018	FASE MESOFÍLICA	675,00					35	45.5	5,8
		2	21/09/2018		675,00					36		
3	22/09/2018	675,00					36					
4	23/09/2018	675,00					36					
5	24/09/2018	675,00					36					
6	25/09/2018	675,00					36					
7	26/09/2018	675,00					36					
8	27/09/2018	675,00					36	45.5	6			
9	28/09/2018	675,00					36					
10	29/09/2018	675,00					36					



11		30/09/2018		675,00	36		
12		01/10/2018		675,00	36		
13		02/10/2018		675,00	36		
14		03/10/2018		675,00	36		
15		04/10/2018		675,00	36,5	48	6,5
16		05/10/2018		675,00	36,8		
17		06/10/2018		675,00	37		
18		07/10/2018		675,00	37		
19		08/10/2018		675,00	37		
20		09/10/2018		675,00	38		
21		10/10/2018		675,00	39		
22		11/10/2018		675,00	40	45	6,5
23		12/10/2018		670,00	40		
24		13/10/2018		670,00	42		
25		14/10/2018		670,00	42		
26	OCTUBRE	15/10/2018	FASE TERMÓFILA	670,00	42		
27		16/10/2018		670,00	44		
28		17/10/2018		670,00	44		
29		18/10/2018		670,00	46	44	6,5
30		19/10/2018		625,00	45		
31		20/10/2018		625,00	45		
32		21/10/2018		625,00	48		
33		22/10/2018		625,00	48		
34		23/10/2018		625,00	53		
35		24/10/2018		625,00	53		
36		25/10/2018		625,00	53	44	6,5
37		26/10/2018		625,00	53		
38		27/10/2018		625,00	53		
39		28/10/2018		625,00	53		
40		29/10/2018		625,00	53		

41		30/10/2018		625,00	53		
42		31/10/2018		625,00	53		
43		01/11/2018		625,00	53	44	6,5
44		02/11/2018		625,00	53		
45		03/11/2018		625,00	53		
46		04/11/2018		625,00	53		
47		05/11/2018		625,00	53		
48		06/11/2018		625,00	53		
49		07/11/2018		555,00	53		
50		08/11/2018		545,00	53	44	6,5
51		09/11/2018		545,00	53		
52		10/11/2018		540,00	53		
53		11/11/2018		540,00	53		
54		12/11/2018		540,00	53		
55		13/11/2018		540,00	53		
56		14/11/2018		540,00	53		
57	NOVIEMBRE	15/11/2018		535,00	53	44	6,8
58		16/11/2018		535,00	53		
59		17/11/2018		535,00	53		
60		18/11/2018		530,00	53		
61		19/11/2018		530,00	53		
62		20/11/2018		530,00	50		
63		21/11/2018		528,00	50		
64		22/11/2018		528,00	50	44	6,8
65		23/11/2018	FASE DE ENFRIAMIENTO - MADURACIÓN	528,00	48		
66		24/11/2018		528,00	44		
67		25/11/2018		528,00	44		
68		26/11/2018		528,00	44		
69		27/11/2018		528,00	44		
70		28/11/2018		528,00	44		

71		29/11/2018	528,00	44	43	7
72		30/11/2018	528,00	44		
73	DICIEMBRE	01/12/2018	520,00	44		
74		02/12/2018	520,00	44		
75		03/12/2018	520,00	44		
76		04/12/2018	520,00	44		
77		05/12/2018	520,00	44		
78		06/12/2018	520,00	44	43	7
79		07/12/2018	520,00	44		
80		08/12/2018	520,00	44		
81		09/12/2018	510,00	44		
82		10/12/2018	510,00	44		
83		11/12/2018	510,00	40		
84		12/12/2018	510,00	40		
85		13/12/2018	510,00	40	43	7.2
86		14/12/2018	510,00	32		
87		15/12/2018	510,00	32		
88		16/12/2018	510,00	32		
89		17/12/2018	510,00	32		
90		18/12/2018	510,00	32		
91		19/12/2018	510,00	32		
92		20/12/2018	510,00	32		
93		21/12/2018	510,00	32		
94		22/12/2018	510,00	32	43	7.2

VOLUMEN Kg.

EXPERIMENTAL												
	MES	FECHA	MUESTRA	Materiales Kg				Total kg.	T° °C	H %	p H	
			500	R.O Mercado	Tierra Agrícola	Paja de Arroz	Estiercol seco					
	SETIEMBRE	13/09/2018	RECOLECCIÓN Y ACONDICIONAMIENTO	85,20	4,16	16,60	8,33	675,0	35	46	5,5	
		14/09/2018		87,30	4,16	16,60	8,33		35			
		15/09/2018		80,40	4,16	16,60	8,33		35			
		16/09/2018		82,30	4,16	16,60	8,33		35			
		17/09/2018		86,20	4,16	16,60	8,33		35			
		18/09/2018		78,60	4,19	17,00	8,35		35	45.5	5,5	
			ACONDICIONAMIENTO DE PILA /KG									
			19/09/2018	PILA ACONDICIONADA	500	25,0	100,00	50,00	675,0	35		
1			20/09/2018	FASE MESOFÍLICA	675,00					35	45.5	5,8
2			*21/09/2018		675,00					37		
3			22/09/2018		675,00					37		
4			23/09/2018		675,00					37		
5			24/09/2018		675,00					37		
6		25/09/2018	675,00					37				
7		26/09/2018	675,00					37				
8		27/09/2018	675,00					37	45.5	5,9		
9		28/09/2018	675,00					37				
10		29/09/2018	675,00					38				
11		30/09/2018	675,00					38				
12	OCTUBRE	01/10/2018	FASE TERMÓFILA	675,00					40			
13				02/10/2018	675,00					40		

14		03/10/2018	675,00	45		
15		04/10/2018	675,00	50	45	6,2
16		05/10/2018	675,00	50		
17		06/10/2018	675,00	55		
18		07/10/2018	675,00	58		
19		08/10/2018	675,00	58		
20		09/10/2018	675,00	63		
21		10/10/2018	675,00	63		
22		11/10/2018	675,00	63	44	6,4
23		12/10/2018	670,00	63		
24		13/10/2018	670,00	63		
25		14/10/2018	670,00	63		
26		15/10/2018	670,00	63		
27		16/10/2018	670,00	63		
28		17/10/2018	670,00	63		
29		18/10/2018	670,00	63	44	6,9
30		19/10/2018	625,00	63		
31		20/10/2018	625,00	64		
32		21/10/2018	625,00	64		
33		22/10/2018	625,00	64		
34		23/10/2018	625,00	64		
35		24/10/2018	625,00	64		
36		25/10/2018	625,00	64	44	6,9
37		26/10/2018	625,00	66		
38		27/10/2018	625,00	66		
39		28/10/2018	625,00	66		
40		29/10/2018	625,00	66		
41		30/10/2018	555,00	66		
42		31/10/2018	555,00	66		
43	NOVIEMBRE	01/11/2018	555,00	66	44	6,9

44	02/11/2018		555,00	66		
45	03/11/2018		555,00	66		
46	04/11/2018		555,00	66		
47	05/11/2018		555,00	66		
48	06/11/2018		555,00	66		
49	07/11/2018		555,00	66		
50	08/11/2018		520,00	66	44	6,9
51	09/11/2018		520,00	66		
52	10/11/2018		520,00	66		
53	11/11/2018		520,00	66		
54	12/11/2018		520,00	66		
55	13/11/2018		520,00	66		
56	14/11/2018		480,00	66		
57	15/11/2018		480,00	66	43	6,9
58	16/11/2018		480,00	66		
59	17/11/2018		480,00	65		
60	18/11/2018		480,00	65		
61	19/11/2018		435,00	60		
62	20/11/2018		435,00	55		
63	21/11/2018		435,00	55		
64	22/11/2018		435,00	55	43	7
65	23/11/2018	FASE DE ENFRIAMIENTO - MADURACIÓN	435,00	50		
66	24/11/2018		435,00	50		
67	25/11/2018		435,00	48		
68	26/11/2018		435,00	44		
69	27/11/2018		435,00	44		
70	28/11/2018		435,00	44		
71	29/11/2018		435,00	44	42.5	7,3
72	30/11/2018		425,00	44		
73	DICIEMBRE 01/12/2018		425,00	44		

74	02/12/2018	425,00	44		
75	03/12/2018	425,00	44		
76	04/12/2018	425,00	42		
77	05/12/2018	425,00	40		
78	06/12/2018	425,00	36	42.5	7,5
79	07/12/2018	425,00	35		
80	08/12/2018	425,00	34		
81	09/12/2018	425,00	33		
82	10/12/2018	425,00	32		
83	11/12/2018	425,00	32		
84	12/12/2018	425,00	32		
85	13/12/2018	<b>425,00</b>	32	<b>42.5</b>	<b>7.5</b>

\* Se agrego los Microorganismos Eficientes ( EM- COMPOST)

## Anexo N° 6. Panel Fotográfico



Fig. 7. Materiales y Materia orgánica proveniente del mercado, cilindro de 120 litros



Fig.8. Formación de las pilas composteras



Fig. 9. Aireación de las pilas y toma de datos de las pilas composteras.